

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-235953

(43)Date of publication of application : 29.08.2000

(51)Int.Cl. H01L 21/205  
 C23C 16/448  
 C23C 16/505  
 G03G 5/08  
 H05H 1/46

(21)Application number : 11-036277 (71)Applicant : CANON INC

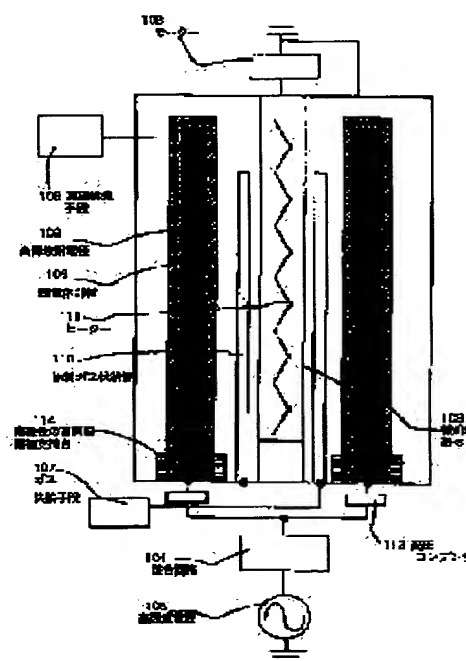
(22)Date of filing : 15.02.1999 (72)Inventor : TERANISHI KOJI  
 TAKAGI SATOSHI

**(54) ACCUMULATED FILM FORMING DEVICE THROUGH PLASMA TREATMENT****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To stably form an accumulated film on plural substrates of large areas, and to stabilize discharging, and to quickly and stably form the accumulated film whose film thickness is uniform and whose quality is high, and to efficiently form a semiconductor device.

**SOLUTION:** This device is provided with a bar-shaped or plate-shaped conductive high frequency electrode 105 for generating plasma with a high frequency power, in a reaction vessel whose pressure can be reduced. Then, a high frequency power which is 30 MHz or higher and 600 MHz or lower is impressed to the high frequency electrode 105 for generating plasma, and an

accumulated film is formed on a substrate 103 to be coated through plasma treatment. In this case, the high frequency electrode 105 is constituted of plural high frequency electrodes, and the power is divided and fed from the same power source to those electrodes. Also, a high-voltage capacitor 113 is provided between the dividing points of the high frequency power and each of the plural high frequency electrodes.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application  
other than the examiner's decision of  
rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-235953

(P2000-235953A)

(43) 公開日 平成12年8月29日 (2000.8.29)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード\* (参考)

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

2 H 0 6 8

C 2 3 C 16/448

C 2 3 C 16/44

C 4 K 0 3 0

16/505

16/50

B 5 F 0 4 5

G 0 3 G 5/08

3 6 0

G 0 3 G 5/08

3 6 0

H 0 5 H 1/46

H 0 5 H 1/46

M

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平11-36277

(22) 出願日

平成11年2月15日 (1999.2.15)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 寺西 康治

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 高木 智

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(74) 代理人 100105289

弁理士 長尾 達也

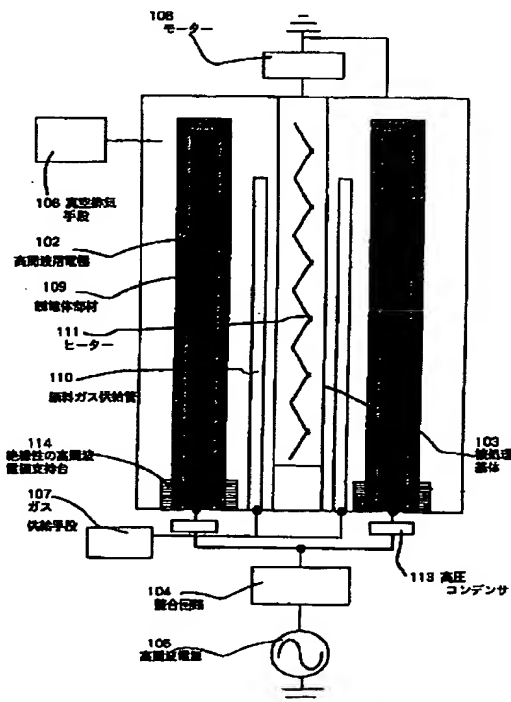
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 プラズマ処理による堆積膜形成装置

## (57) 【要約】

【課題】本発明は、複数の大面積の基体上に安定的に堆積膜を形成でき、放電が安定し、膜厚が極めて均一で且つ高品質な堆積膜を高速度で安定に形成し、効率よく半導体デバイスを形成することができるプラズマ処理による堆積膜形成装置を提供することを目的としている。

【解決手段】本発明は、減圧可能な反応容器内に高周波電力によりプラズマを生成するための棒状若しくは板状の導電性のプラズマ発生用の高周波電極を有し、前記高周波電極に30MHz以上600MHz以下の高周波電力を印加してプラズマを生起させ、そのプラズマ処理により被成膜処理基体上に堆積膜を形成する堆積膜形成装置において、上記高周波電極が複数本の高周波電極からなり、これらの電極に同一電源より電力を分割して供給する構成を備え、該高周波電力の分割点と前記複数本の高周波電極間のそれぞれに高圧コンデンサが設置されていることを特徴とするものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】減圧可能な反応容器内に高周波電力によりプラズマを生成するための棒状若しくは板状の導電性のプラズマ発生用の高周波電極を有し、前記高周波電極に 30MHz 以上 600MHz 以下の高周波電力を印加してプラズマを生起させ、そのプラズマ処理により被成膜処理基体上に堆積膜を形成する堆積膜形成装置において、

上記高周波電極が複数本の高周波電極からなり、これらの電極に同一電源より電力を分割して供給する構成を備え、該高周波電力の分割点と前記複数本の高周波電極間のそれぞれに高圧コンデンサが設置されていることを特徴とする堆積膜形成装置。

【請求項 2】前記高周波電極の 1 個当たりの表面積が、被成膜処理基体 1 個当たりの表面積と等しいか、もしくは小さいことを特徴とする請求項 1 に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 3】前記高周波電極が、誘電体部材でカバーされていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 4】前記被成膜処理基体が、複数本の被成膜処理基体からなることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 5】前記高周波電力の周波数が、30～600MHz の範囲にあることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 6】前記円筒状基体が回転自在に構成され、該円筒状基体を回転させながら該円筒状基体上に堆積膜を形成することを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 7】反応容器が円筒状であり、複数本の高周波電極および被成膜処理基体が同心円上に配列されてなることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 8】前記基体が平板状基体であり、該平板状基体に対して平行に単数または複数の高周波電極を配列し、該高周波電極と該平板状基体との間にプラズマを発生させて該平板状基体の表面上に堆積膜を形成する構成を備えてなることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の堆積膜形成装置。

【請求項 9】前記基体が成膜時に保持ロールより送り出され、巻き取りロールにより巻き取られるシート状基体であり、該シート状基体に対して平行に単数または複数の高周波電極を配列し、該高周波電極と該シート状基体との間にプラズマを発生させて該シート状基体の表面上に堆積膜を形成する構成を備えてなることを特徴とする請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の堆積膜形成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理によ

る堆積膜形成装置に係り、特に半導体デバイスとしての電子写真用感光体デバイス、画像入力用ラインセンサ、撮像デバイス、光起力デバイス等に有用な結晶質または非単結晶質の機能性堆積膜を好適に形成し得るプラズマ CVD 装置、或いは半導体デバイスや光学素子としての絶縁膜、金属配線等を好適に形成し得るスパッタ装置、或いは半導体デバイス等のエッチング装置等のプラズマ処理装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体等で使用されているプラズマ処理にはそれぞれの用途に応じて様々な方法がある。例えば、プラズマ CVD 法を用いた酸化膜、窒化膜及びアモルファスシリコン系の半導体膜等の成膜、スパッタリング法を用いた金属配線膜等の成膜、またはエッチングによる微細加工技術等、様々なプラズマの特徴を活用した装置、方法が使用されている。更に、近年、膜質及び処理能力向上に対する要望も強くなっており様々な工夫も検討されている。特に高周波電力を用いたプラズマプロセスは、放電の安定性や酸化膜や窒化膜の絶縁性の材料にも適用できる等の利点から幅広く使用されている。

【0003】従来、プラズマ CVD 等のプラズマプロセスに用いられる放電用高周波電源の発振周波数は 13.56MHz が一般的である。堆積膜形成に一般的に用いられているプラズマ CVD 装置の一例を図 8 に示す。

【0004】図 8 は、従来のプラズマ発生用高周波電極及び該高周波電極を用いたプラズマ CVD 法の一例で、この平行平板型の装置を用いた方法について図 8 を参照しながら説明する。反応容器 100 に絶縁性の高周波電極支持台 114 を介して高周波電極 102 が配置されている。高周波電極 102 は、対向電極と平行に配された平板であり、この電極間の静電容量で決まる電界によりプラズマを発生させる。プラズマが発生すると、実質的に導電体であるプラズマと、プラズマと両電極や反応容器壁との間の等価的に主にコンデンサとして働くシースが電極間に発生してプラズマ発生前とは大きくインピーダンスが異なる場合が多い。高周波電極 102 の回りには、高周波電極 102 の側部と反応容器 100 との間で放電が発生しないようにアースシールド 101 が配置されている。高周波電極 102 には整合回路 104 と高周波電力供給線を介して高周波電源 105 が接続されている。高周波電極 102 と平行に配された基体ホルダー 112 の対向電極側にはプラズマ CVD を行うための平板状の被成膜基体 103 が配置され、被処理基体 103 は、ヒーター 111 である基体温度制御手段により所望する温度に保たれる。この装置を使用した場合のプラズマ CVD は以下のように行われる。反応容器 100 を真空排気手段 106 によって高真空まで排気した後、ガス供給手段 107 によって反応ガスを反応容器内に導入し、所定の圧力に維持する。高周波電源 105 より高周波電力を高周波電極 102 に供給して高周波電極 102

と対向電極との間にプラズマを発生させる。この方法により、反応ガスがプラズマにより分解、励起され被成膜基体103上に堆積膜を形成する。高周波電力としては、13.56MHzの高周波電力を用いるのが一般的であるが、放電周波数が13.56MHzの場合、放電条件の制御が比較的容易であり、得られる膜の膜質が優れているといった利点を有するが、ガスの利用効率が低く、堆積膜の形成速度が比較的小さいといった問題がある。こうした問題に鑑みて、周波数が25~150MHz程度の高周波を用いたプラズマCVD法についての検討がなされている。

【0005】ところで、近年、平行平板型のプラズマCVD装置を用い13.56MHz以上の高周波電源を用いたプラズマCVD法の報告(Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol 7, No 3, (1987) p267-273)があり、放電周波数を従来の13.56MHzより高くする事で、つまりは、周波数を25MHz~150MHzの範囲で変化させてa-Si膜の形成を行い、70MHzの周波数を用いた場合、膜堆積速度が、2.1nm/sと最も大きくなり、これは、上記の13.56MHzの高周波電力を用いたプラズマCVD法の場合の5~8倍程度の形成速度であること、及び得られたa-Si膜の欠陥密度、光バンドギャップ及び導電率は、励起周波数によってあまり影響をうけないことが記されている。またこの放電周波数を高くする報告はスパッタリング等にもなされ、近年広く検討されている。

【0006】上記従来例は平板状の基体を処理するのに適したプラズマCVD装置の例であるが、複数の円筒状基体上に堆積膜を形成するのに適したプラズマCVD装置の一例が、特開昭60-186849号公報(以下、「文献2」という。)に記載されている。文献2には、周波数2.45GHzのマイクロ波エネルギー源を用いたプラズマCVD装置及び無線周波エネルギー(高周波電力)源を用いたプラズマCVD装置が開示されている。文献2の高周波電力源を用いたRFプラズマCVD装置を説明する。プラズマCVD装置は、文献2に記載されているRFプラズマCVD装置に基づいたプラズマCVD装置である。反応容器内には、6個の基体ホルダーが同心円状に所定の間隔で配されている。また円筒状基体は、基体ホルダー上に配されている。それぞれの基体ホルダーの内部にはヒーターが設けられていて円筒状基体を内側より加熱できるようにされている。また、それぞれの基体ホルダーは、モーターに連結したシャフトに接続しており、回転できるようにされている。高周波電極は、プラズマ生起領域の中心に位置してある。高周波電極は、整合回路を介して高周波電源に接続されている。排気パイプは、真空ポンプを備えた排気機構に連通している。原料ガス供給系は、ガスポンプ、マスフローコントローラ、バルブ等で構成されている。原料ガス供

給系は、ガス供給パイプを介して複数のガス放出孔を備えたガス放出パイプに接続される。この装置を使用した場合のプラズマCVDは以下に行われる。反応容器を排気機構によって高真空まで排気した後、ガス供給手段からガス供給パイプ及びガス放出パイプを介して原料ガスを反応容器内に導入し、所定の圧力に維持する。こうしたところで、高周波電源より高周波電力を整合回路を介して高周波電極に供給して高周波電極と円筒状基体との間にプラズマを発生させる。こうすることにより、原料ガスがプラズマにより分解、励起され円筒状基体上に堆積膜が形成される。このプラズマCVD装置を使用すれば、放電空間が円筒状基体で取り囲まれているので高い利用効率で原料ガスを使用できるという利点がある。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来例の文献1に記載の平行平板型装置での周波数25~150MHzの高周波電力による成膜は実験室規模のものであり、大面積の膜の形成においてこうした効果が期待できるか否かについて全く触れるところはない。一般に、励起周波数が高くなるにしたがって、高周波電極上の定在波の影響が顕著になり、特に平板電極では2次元の複雑な定在波が生じてくる。この為、大面積の膜を均一に形成することが困難になることが予想される。また、従来例の文献2に記載の円筒状基体の表面全面に堆積膜を形成する場合には、円筒状基体を回転させる必要があり、回転させることによって実質的な堆積速度が上述した平行平板型のプラズマCVD装置を使用した場合の約1/3~1/5に低下するという問題がある。即ち、放電空間が円筒状基体で取り囲まれているため、円筒状基体が高周波電極と正対する位置では平行平板型のプラズマCVD装置と同程度の堆積速度で堆積膜が形成されるが、放電空間に接していない位置ではほとんど堆積膜は形成されないためである。文献2においては、高周波電力の具体的な周波数については言及がなされていない。

【0008】そこで、本発明は、上記した従来のものにおける課題を解決し、複数の大面積の基体上に安定的に堆積膜を形成でき、放電が安定し、膜厚が極めて均一で且つ高品質な堆積膜を高速度で安定に形成し、効率よく半導体デバイスを形成することができるプラズマ処理による堆積膜形成装置を提供することを目的とするものである。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するため、プラズマ処理による堆積膜形成装置をつぎのように構成したことを特徴とするものである。すなわち、本発明のプラズマ処理による堆積膜形成装置は、減圧可能な反応容器内に高周波電力によりプラズマを生成するための棒状若しくは板状の導電性のプラズマ発生用の高周波電極を有し、前記高周波電極に30MHz以上

600MHz以下の高周波電力を印加してプラズマを生起させ、そのプラズマ処理により被成膜処理基体上に堆積膜を形成する堆積膜形成装置において、上記高周波電極が複数本の高周波電極からなり、これらの電極に同一電源より電力を分割して供給する構成を備え、該高周波電力の分割点と前記複数本の高周波電極間のそれぞれに高圧コンデンサが設置されていることを特徴としている。また、本発明のプラズマ処理による堆積膜形成装置は、前記高周波電極の1個当たりの表面積が、被成膜処理基体1個当たりの表面積と等しいか、もしくは小さいことを特徴としている。また、本発明のプラズマ処理による堆積膜形成装置は、前記高周波電極が、誘電体部材でカバーされていることを特徴としている。また、本発明のプラズマ処理による堆積膜形成装置は、前記被成膜処理基体が、複数本の被成膜処理基体からなることを特徴としている。また、本発明のプラズマ処理による堆積膜形成装置は、前記高周波電力の周波数が、30～600MHzの範囲にあることを特徴としている。また、本発明のプラズマ処理による堆積膜形成装置は、前記円筒状基体が回転自在に構成され、該円筒状基体を回転させながら該円筒状基体上に堆積膜を形成することを特徴としている。また、本発明のプラズマ処理による堆積膜形成装置は、反応容器が円筒状であり、複数本の高周波電極および被成膜処理基体が同心円上に配列されてなることを特徴としている。また、本発明のプラズマ処理による堆積膜形成装置は、前記基体が平板状基体であり、該平板状基体に対して平行に単数または複数の高周波電極を配列し、該高周波電極と該平板状基体との間にプラズマを発生させて該平板状基体の表面上に堆積膜を形成する構成を備えてなることを特徴としている。また、本発明のプラズマ処理による堆積膜形成装置は、前記基体が成膜時に保持ロールより送り出され、巻き取りロールにより巻き取られるシート状基体であり、該シート状基体に対して平行に単数または複数の高周波電極を配列し、該高周波電極と該シート状基体との間にプラズマを発生させて該シート状基体の表面上に堆積膜を形成する構成を備えてなることを特徴としている。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について、本発明を完成するに至った経緯から説明する。本発明者らは鋭意検討を行った結果、高周波電力の周波数を30MHz以上にすると、気相反応が起こりにくい高真空領域での放電が可能となり、非常に優れた膜特性を得ることができ、堆積速度も13.56MHzの場合に比べて向上するが、まだ高真空領域での放電の安定性に問題があったり膜質と堆積速度の分布は悪化する知見を得た。そこで、本発明者らは、高周波電力の周波数を30MHz以上にすると、高真空領域での放電が可能になるが安定性にまだ問題があること、偏在的に膜質の悪化や堆積速度の低下が発生する原因を解明すべく鋭意検討

を行った。まず本発明者らは、高真空領域での放電の安定性は、放電前後のインピーダンス変化が大きすぎるものが問題であると推定した。高真空領域での放電では、比較的簡単な低真空領域と比較して放電を生起する電圧も維持する電圧も高い。高周波放電の場合、通常定電力のグロー放電であり、一定パワーを整合回路を介して放電負荷にあったインピーダンス変換を行って放電を維持している。この場合例えば極端な例で、瞬時のアーク放電が発生した場合インピーダンスが瞬間的に小さくなり、低電圧大電流放電になりグロー放電が維持できなくなり放電が消失してしまう。この時、放電前後のインピーダンス変化が大きすぎると整合回路によるインピーダンスの変換がうまくいかずこのまま放電は消失したままとなるからである。

【0011】次に本発明者らは、高周波電力の周波数を30MHz以上にすると偏在的に膜質が悪化する原因を解明すべく鋭意検討を行った。その結果、プラズマ電位分布と偏在的な膜質悪化に強い相関があることが判明した。即ち、円筒状基体の軸方向に亘ってラングミュアプローブ法によりプラズマ電位を測定したところ、偏在的に膜質が悪化する位置に対応する箇所においてプラズマ電位の低下が見られた。これらの検討結果から、膜質分布及び堆積速度分布の悪化は、高周波電極上に発生する定在波および高周波電極上での高周波電力の減衰に起因するものと推察された。一般に、高周波電極と対向電極間に高周波電力を印加することによってプラズマを生成する場合、電極に印加した高周波電力の周波数と電極の大きさとの関係から電極上に無視できない定在波が発生する場合がある。即ち、高周波電力の周波数が高くなる場合や高周波電極の面積が大きくなる場合に定在波が発生し易くなり、この定在波が大きいと、高周波電極内での電界分布が悪くなり、電極間のプラズマ密度、プラズマ電位、電子温度などのプラズマ分布が乱れ、プラズマCVDの成膜品質に悪影響を及ぼす。

【0012】上述した実験においては、高周波電極の先端で高周波電極上に反射波が発生し、入射波との干渉により30MHz以上の周波数において膜質、堆積速度に影響を与える定在波が発生したものと考えられる。特に、定在波の節の位置では電界が弱くなり、偏在的なプラズマ電位の低下を引き起こして偏在的に膜質が悪化したものと考えられる。また、高周波電力の周波数が高くなればなるほど、高周波電力のプラズマへの吸収が多くなり、高周波電極への高周波電力の給電点から離れるにつれて高周波電力の減衰が大きくなり、堆積速度分布に悪影響を及ぼす。また、400MHz～600MHzの周波数においては、高周波電力が給電点から減衰しつつも、複数の位置に定在波の節が発生したものと考えられる。また、同一電源より電力を分割して供給する場合には、各高周波電極に均等に電力を供給しないと、各基体間でのムラを生じる。

【0013】本発明は、以上の検討結果を基礎として完成するに至ったものである。以下、図面を参照しながら、本発明のプラズマを用いた堆積膜形成装置について説明する。図6および図7の装置において、高周波電源105で発生した高周波電力は整合回路104を介して高周波電極102に供給される。高周波電極102は、単純な棒状のアンテナ形状のものであり、通常、高周波電極102そのものは表皮抵抗(R)とインダクタンス(L)の直列インピーダンスで記述される。高周波電極102に対向する基体103は端部において接地されているが十分インダクタンスを有しており、同様に表皮抵抗(R)とインダクタンス(L)の直列インピーダンス( $R + j\omega L$ )で記述される。プラズマが生起していない場合、高周波電極102と基体103の間にはその位置関係及び形状によって決まる静電容量(C)を持つ。高周波電極102と基体103の間の静電容量(C)によって高周波電極102に流れる高周波電流は決まってくる為、高周波電極102と基体103との位置関係及び形状によってプラズマの生起しやすさは大きく影響を受け、僅かな位置関係の変化でも最適化の為の調整が必要になってくる。一方、一旦プラズマが生起するとプラズマは抵抗を持つ導電体となり、高周波電極102及び基体103とプラズマとの間のイオンシースは静電容量となる。静電容量は面積及び媒体の誘電率が同じ場合、導電体間の距離と反比例するが、イオンシースの厚みは、高周波電極102—基体間103の距離に比べてかなり薄くその静電容量は大きい。この為、プラズマ生起前後での高周波電極102—基体103間のインピーダンスの変化が大きく整合回路105の調整がかなり難しく、プラズマの生起も難しくなってくる。また、僅かなプラズマの変化に対してもインピーダンス変化が大きく自動整合回路などを用いても整合が間に合わなくなり、最悪の場合プラズマが消えてしまう。また、放電が生起されていても、複数本の基体103に堆積した膜の膜厚が、ひどいときで、各基体間でのばらつきが大きく、安定生産ができないことがある。これは、高周波電力が、各々の高周波電極102に均等に供給されていないためであると考えられる。

【0014】一方、本発明の高周波電力分割部後で高周波電極102の電力供給点前に高圧コンデンサ113を介した図1～図4の装置では、高周波電力を分割するため、伝搬経路の高周波のL成分がおおきくなり、そのため整合が合わない状態を高圧コンデンサ113を用いることでキャンセルさせるため安定な放電が形成され、安定的に堆積膜を形成できる。また、カソード102先端からの高周波電力の反射波をも制御できるため、高周波電力を均等に高周波電極102に供給することが可能となる。さらに、本発明において、誘電体カバー109に使用する誘電体材料は任意の公知のものを選択できるが、誘電損の小さい材料が好ましく、誘電正接が0.0

1以下であるものが好ましく、より好ましくは0.001以下がよい。高分子誘電体材料ではポリ四フッ化エチレン、ポリ三フッ化塩化エチレン、ポリフッ化エチレンプロピレン、ポリイミドなどが好ましく、ガラス材料では、石英ガラス、ホウケイ酸ガラスなどが好ましく、磁器材料では窒化ホウ素、窒化シリコン、窒化アルミニウム、などや酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ケイ素などの元素酸化物の中の単数または複数の元素酸化物を主成分とする磁器が好ましい。

【0015】本発明において、高周波電極102の形状は円柱状、円筒状、多角柱状などの棒状のもの、長板状のものが好ましい。本発明において、高周波電源105の周波数は好ましくは30～600MHz、更に好適には60～300MHzの範囲とするのが望ましい。本発明のプラズマCVD装置を使用するに際して、使用するガスについては、形成する堆積膜の種類に応じて公知の成膜に寄与する原料ガスを適宜選択使用される。例えば、a-Si系の堆積膜を形成する場合であれば、シラン、ジシラン、高ジシラン等あるいはそれらの混合ガスが好ましい原料ガスとして挙げられる。他の堆積膜を形成する場合であれば、例えば、ゲルマン、メタン、エチレン等の原料ガスまたはそれらの混合ガスが挙げられる。いずれの場合にあっても、成膜用の原料ガスはキャリアガスと共に反応容器内に導入することができる。キャリアガスとしては、水素ガス、及びアルゴンガス、ヘリウムガス等の不活性ガスを挙げるができる。

【0016】堆積膜のバンドギャップを調整する等の特性改善用ガスを使用することもできる。そうしたガスとしては、例えば、窒素、アンモニア等の窒素原子を含むガス、酸素、酸化窒素、酸化二窒素等の酸素原子を含むガス、メタン、エタン、エチレン、アセチレン、プロパン等の炭化水素ガス、四フッ化珪素、六フッ化二珪素、四フッ化ゲルマニウム等のガス状フッ素化合物またはこれらの混合ガス等が挙げられる。形成される堆積膜をドーピングするについてドーパントガスを使用することもできる。そうしたドーピングガスとしては、例えば、ガス状のジボラン、フッ化ホウ素、ホスフィン、フッ化リン等が挙げられる。堆積膜形成時の基体温度は、適宜設定できるが、アモルファスシリコン系の堆積膜を形成する場合には、好ましくは60℃～400℃、より好ましくは100℃～350℃とするのが望ましい。また、以下の様な手段は、平行平板型の装置においても利用可能であり、しかも用意に適用できる。以下、具体的な実施例と比較例をあげて本発明をさらに詳しく説明するが、本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。

#### 【0017】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明するが、本発明はこれらの実施例によって何ら限定されるものではない。

【実施例1】本発明の図3に示したプラズマCVD装置



は、真空排気手段106で反応容器100内を排気し、加熱用ヒーター111で所定の温度まで被処理基体を加熱した後、反応容器100内に複数本の高周波電極102を有し、高周波電源105より発せられた、高周波電力を整合回路104を介して、前記高周波電極102に供給し、原料ガス供給手段107より供給される原料ガスをプラズマ化して、被処理基体103上に堆積膜を形成させた。高周波電極102は、アルミナセラミックス製の誘電体カバー109を覆ったものとし、他の成膜条件は表1に示すような条件で、円筒状基体103上及び電気特性評価基板上にアモルファスシリコン膜を形成した。尚電力分割点後で且つ高周波電極給電点前には、高圧コンデンサ113を設置してある。図1、図2の装置および上記条件をもとに#7059硝子基板上に堆積させたアモルファスシリコン膜の膜質及び膜質分布、堆積速度分布を評価をした。50mTorr、25mTorr、5mTorrの圧力条件で成膜した。

【0018】30MHzの周波数を持つ高周波電力による試料においては、50mTorrの圧力条件で成膜したものは全ての試料において光感度が $8 \times 10^3 \sim 2 \times 10^4$ の範囲にあり実用上問題なしであった。堆積速度分布は8%であった。25mTorrの圧力条件で成膜したものは全ての試料において光感度が $1 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4$ の範囲にあり良好な膜特性であった。堆積速度分布は8%であった。また、5mTorrの圧力条件では放電を生起させることができなかった。60MHz～300MHzの周波数を持つ高周波電力による試料においては、50mTorrの圧力条件で成膜したものは全ての試料において光感度が $1 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4$ の範囲にあり良好な膜特性であった。堆積速度分布は4～6%であった。25mTorrの圧力条件で成膜したものは全ての試料において光感度が $4 \times 10^4 \sim 8 \times 10^4$ であり良好な膜特性であった。堆積速度分布は4～6%であった。5mTorrの圧力条件で成膜したものはすべての試料において光感度が $1 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ であり非常に優れた膜特性であった。堆積速度分布は5%であった。

【0019】400MHz～600MHzの周波数を持つ高周波電力による試料においては、50mTorrの圧力条件で成膜したものは全ての試料において光感度が $7 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$ の範囲にあり実用上問題なしの膜特性であった。堆積速度分布は6～9%であった。25mTorrの圧力条件で成膜したものは全ての試料において光感度が $1 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4$ であり良好な膜特性であった。堆積速度分布は6～9%であった。5mTorrの圧力条件で成膜したものはすべての試料において\*

\* 光感度が $5 \times 10^4 \sim 8 \times 10^4$ であり良好な膜特性であった。堆積速度分布は6～8%であった。また、すべての条件において、シリンダー間の膜厚の分布にムラは、生じなかった。つまり放電空間内に均一なプラズマが生起していたことを意味している。

【0020】

【表1】

原料ガス	SiH <sub>4</sub>
キャリアーガス	H <sub>2</sub>
ガス流量	SiH <sub>4</sub> 350sccm
	H <sub>2</sub> 350sccm
圧力	0.03torr
基体温度	250℃
高周波電力	0.5W/cm <sup>2</sup>

【実施例2】本発明の図1および図2の複数本の高周波電極および被成膜処理基体を有するプラズマ処理装置において、電力分割点後で高周波電力給電点前に高圧コンデンサ113を設置したものにおいて、アモルファスシリコン膜を実施例1と同様、表1の条件で堆積させた。比較のため、高圧コンデンサ113を有しない図7の装置においても同様の条件でアモルファスシリコン膜を堆積させた。高圧コンデンサ113を有しない場合、整合があわず、放電が安定しないことがあった。また、放電が安定していても複数本の被処理基体に堆積膜を形成した場合、それぞれの被処理基体間で大きな膜厚ムラを生じており、ひどいポイントで約25%の膜厚ムラを生じていた。電力が均等に高周波電極に供給されていないと考えられる状況であった。

【0021】しかし、高圧コンデンサ113を電力分割点後で高周波電極102の電力給電点前にそれぞれの電極に設置することで、L成分がキャンセルでき、整合が安定して取れ、その結果、安定な放電が得られ、それぞれの被処理基体間の膜厚ムラも3%ほどであり、各高周波電極102に均等に電力が分割されていると考えられる。得られた堆積膜は、実用上問題ないレベルであった。上記の装置を用いて堆積させたアモルファスシリコンは、実用上問題がない、高品質な堆積膜であった。また、周波数を100MHzの高周波電源105を用い、表1の条件で放電実験も行った。本実験例では、正号回路と負荷（高周波電極）の間のリアクタンスLを111.13nHとし、設置する高圧コンデンサの容量を換えて、放電の安定性を確認した。結果を表2に示す。表2の結果より、整合回路と負荷との間に適正容量のコンデンサを設置することで、L成分がキャンセルされ、安定放電が可能になる。

【0022】

【表2】



容量	入射波	反射波	合成リアクタンス	放電状況
1pF	1000W	900W	1521Ω	放電しない
5pF	1000W	600W	248.5Ω	かなり不安定な放電
10pF	1000W	80W	89.4Ω	放電がたないことがある
20pF	1000W	3W	9.79Ω	放電安定
30pF	1000W	10W	16.73Ω	ほぼ安定
40pF	1000W	35W	30Ω	若干放電安定

【実施例 3】 実施例 2 に記載の装置で以下に示す方法により堆積膜を形成した。

【0023】 電子写真感光体は、直径 108mm、長さ 358mm、厚さ 5mm の 6 本の A1 製円筒状基体を反応容器内に配置して、放電周波数を 100MHz とし、表 3 に示した条件で電荷注入阻止層、光導電層及び表面保護層をこの順序で形成した。アモルファスシリコン膜を形成した円筒状基体 6 本の内 1 本の軸方向に約 20mm おきに線を引き、周方向に約 32mm おきに線を引いた場合の交点 180 箇所について渦電流式膜厚計を使用して膜厚を測定し各測定箇所における堆積速度を算出し、得られた値の平均値を平均堆積速度とした。得られた平均堆積速度は 4.0nm/s であり、従来例に記載した装置に比べ格段に堆積速度が速くなり生産性が向上した。軸方向の堆積速度分布は、軸方向 1 列の測定点 \*

\* 9 箇所における堆積速度の最大値と最小値との差を求

10 め、該差を 18 箇所の平均堆積速度で割り、1 列あたりの堆積速度分布を求めた。結果、軸方向の膜厚ムラは 4% ほどであり、また周方向も 7% ほどであった。

【0024】 また、同一条件でさらに堆積膜を形成し、電子写真感光体の帯電能、画像濃度、画像欠陥について評価した。その結果、いずれの電子写真感光体もこれらの評価項目について電子写真感光体全面に亘って非常に優れた結果を示し、電子写真特性に優れたものであることが判った。また、堆積した膜の膜厚分布を測定したところ 10% ほどであり、電子写真感光体デバイスや画像入力用ラインセンサ等の実用に十分耐えうるものであった。

【0025】

【表 3】

電子写真感光体層	成膜条件
表面保護層	SiH <sub>4</sub> ガス流量 : 100 sccm H <sub>2</sub> ガス流量 : 100 sccm CH <sub>4</sub> ガス流量 : 500 sccm 投入電力 : 800 W 反応圧力 : 5.5 mTorr 膜厚 : 1 μm
光導電層	SiH <sub>4</sub> ガス流量 : 450 sccm H <sub>2</sub> ガス流量 : 450 sccm 投入電力 : 1000 W 反応圧力 : 5.5 mTorr 膜厚 : 25 μm
電荷注入阻止層	SiH <sub>4</sub> ガス流量 : 450 sccm H <sub>2</sub> ガス流量 : 450 sccm NO ガス流量 : 550 sccm B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ガス流量 : 2000 ppm (対 SiH <sub>4</sub> 流量) 投入電力 : 1000 W 反応圧力 : 5.5 mTorr 膜厚 : 1 μm

【実施例 4】 図 4 に示した本発明の装置を用い、縦 400mm、横 400mm、厚さ 1mm の #7059 ガラス製の平板状基体 103 を反応容器に配置して成膜を行った。図 4 に示すように 5 本の高周波電極を反応容器に配置した。高周波電源の周波数は 150MHz のものを用い、表 3 に示す成膜条件で平板状基体上にアモルファスシリコン膜を形成し、以下の手順で堆積速度及び堆積速度分布を評価した。実験 1 で用いた渦電流式膜厚計を使用して膜厚を測定し各測定箇所における堆積速度を算出し、得られた値の平均値を平均堆積速度とした。得られた平均堆積速度は 4.6nm/s であった。堆積速度分布は、堆積速度の最大値と最小値との差を求め、該差を平均堆積速度で割り堆積速度分布として 100 分率で表した。得られた堆積速度分布は 13% であり、電子写真感光体デバイスおよび画像入力用ラインセンサ等に十分

耐え得るものであった。

【0026】 【実施例 5】 図 4 に示した平行平板型の装置を用い、図 5 のステンレス製のシート状基体を反応容器に配置して巻き取りロールに巻き取りながら成膜を行った。高周波電極は、5 本の高周波電極を反応容器に配置した。高周波電源の周波数は 150MHz のものを用い、表 1 に示す成膜条件でシート状基体上にアモルファスシリコン膜を形成し、長さ 500mm のシート状基体を切り出して実施例 4 と同様の手順で堆積速度及び堆積速度分布を評価した。得られた平均堆積速度は 4.6nm/s であり、堆積速度分布は 16% であり従来例に比べ格段に堆積速度が速くなり生産性が良くなるばかりでなく均一性も格段に良くなった。

【0027】

【発明の効果】 以上説明したとおり、本発明によれば、

種々の形状の大面积基体、即ち、円筒状基体、平板状基体、シート状基体などに膜厚が極めて均一で且つ均質膜質である高品質な堆積膜を高速で形成でき、また、安定放電が可能となり、多数の基体を同時に生産しても各基体にムラの殆どでない堆積膜を形成することができる。したがって、本発明によれば大面积高品質の半導体デバイスを効率的に作製することができ、特に、電子写真特性に優れた大面积堆積膜を安定して量産することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のプラズマCVD装置で被成膜処理基体および高周波電極が同心円状に配置され、且つ高圧コンデンサが設置されている装置の1例を示す縦断面図である。

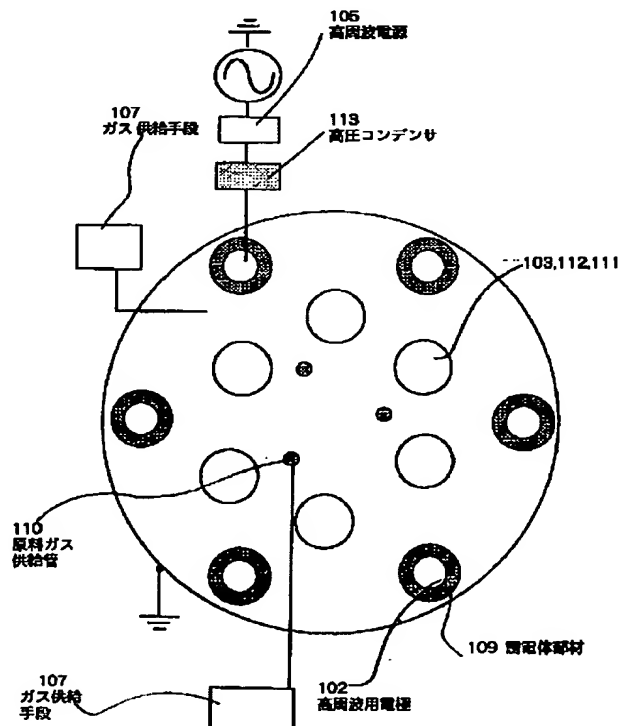
【図2】本発明のプラズマCVD装置で複数本の被成膜処理基体および高周波電極が同心円状に配置され、且つ高圧コンデンサが設置されている装置の1例を示す横断面図である。

【図3】本発明のプラズマCVD装置で被処理基体および複数本のカソード電極が存在し、且つ高圧コンデンサが設置されている装置の1例を示す縦断面図である。

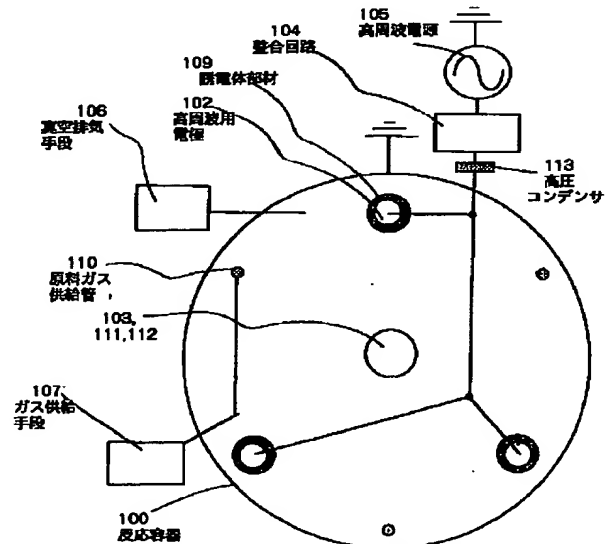
【図4】本発明の高圧コンデンサが設置されているプラズマCVD装置で平行平板型装置の1例を示す模式図である。

【図5】ロール状の被成膜処理基体の模式図である。 \*

【図2】



【図3】



\* 【図6】本発明のプラズマCVD装置との比較のため、高圧コンデンサをはずした状態のプラズマCVD装置の横断面模式構成図である。

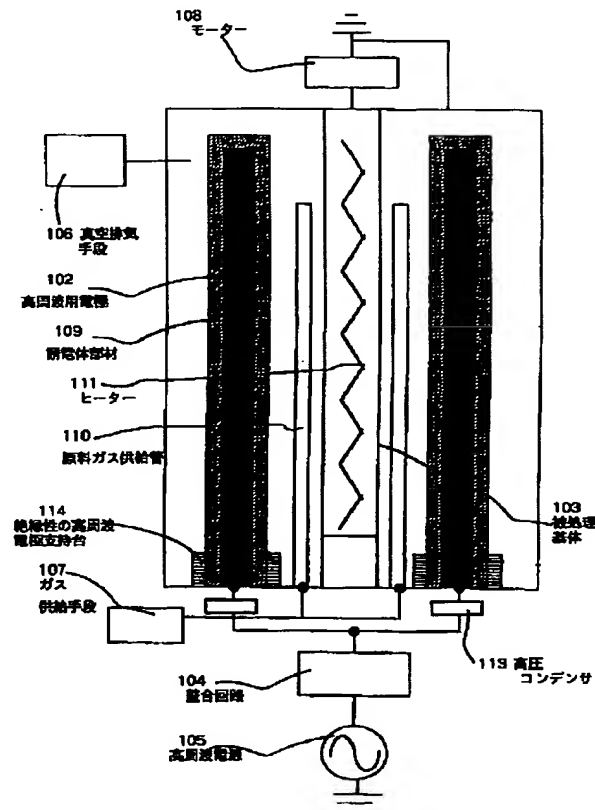
【図7】本発明のプラズマCVD装置との比較のため、高圧コンデンサをはずした状態のプラズマCVD装置の縦断面模式構成図である。

【図8】従来のプラズマCVD装置の模式構成図である。

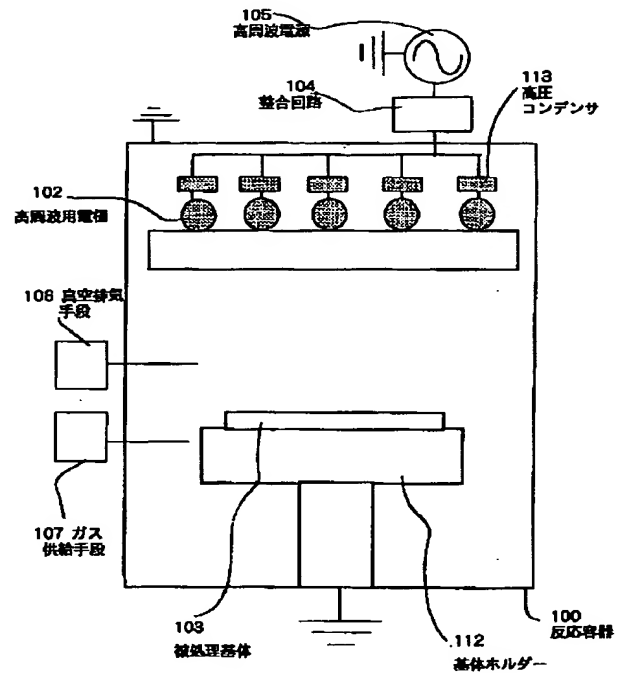
#### 【符号の説明】

- 100：反応容器
- 101：アースシールド
- 102：カソード電極（高周波用電極）
- 103：被処理基体
- 104：整合回路
- 105：高周波電源
- 106：真空排気手段
- 107：ガス供給手段
- 108：モーター
- 109：誘電体部材
- 110：原料ガス供給管
- 111：ヒーター
- 112：基体ホルダー
- 113：高圧コンデンサ
- 114：絶縁性の高周波電極支持台
- 115：シート状ロール

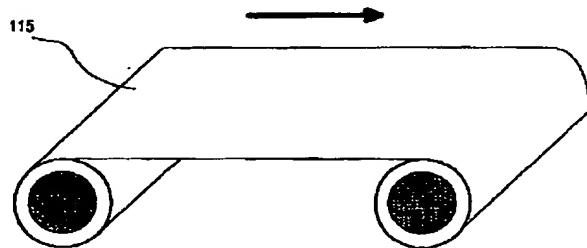
【図 1】



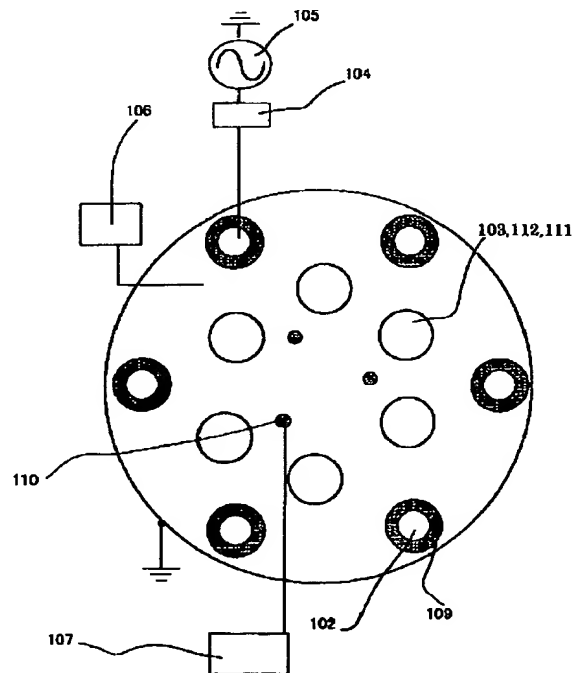
【図 4】



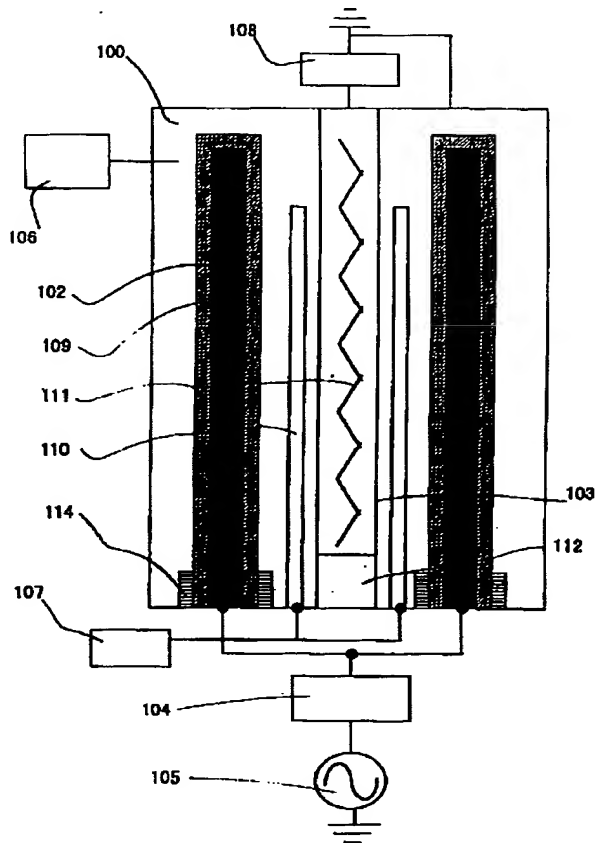
【図 5】



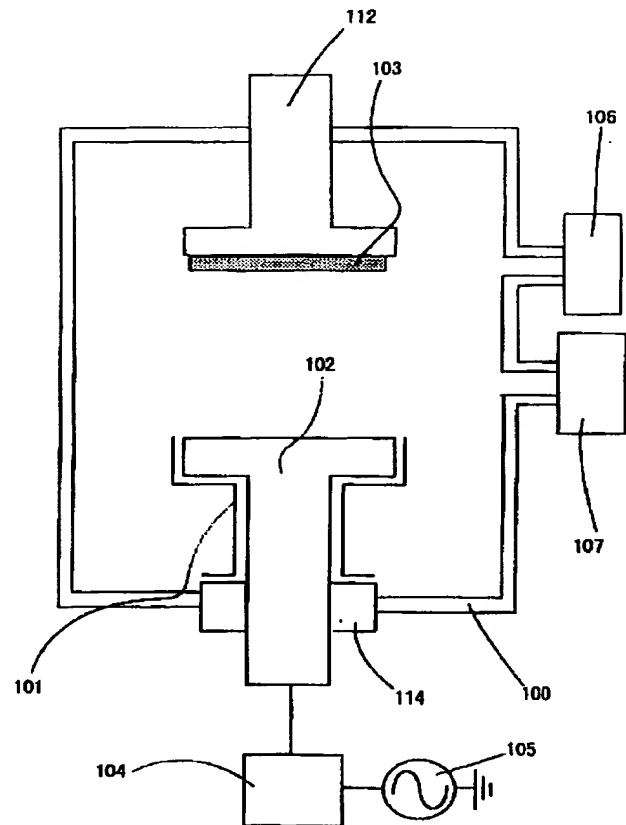
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

F ターム (参考) 2H068 DA23 DA71 EA25 EA30  
 4K030 AA06 AA17 BA30 CA02 CA06  
 CA12 CA16 CA17 FA03 GA05  
 JA18 KA14 KA15 KA47 KA49  
 LA17  
 5F045 AA08 AB04 AC01 AD06 AE17  
 AF10 BB01 BB09 CA16 DP04  
 DP22 DP25 DP28 DQ04 EH04  
 EH08 EH12 EH19